

¿Máquinas autoanalizantes?

Michel Freyssenet

Programa de Investigaciones Económicas
sobre Tecnología, Trabajo y Empleo

P I E T T E

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Av. Corrientes 2470 2º cuerpo, 2º piso of. 35
1046 Capital Federal
tel. 953 7651 - fax 953 9853
E-mail: postmaster@piette.edu.ar

Dirección postal:
Casilla de Correo 950 - Correo Central
1000 - Buenos Aires

Programa de Investigaciones Económicas sobre Tecnología, Trabajo y Empleo

P I E T T E

con sede en el Centro de Estudios e Investigaciones Laborales
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
A s o c i a c i ó n T r a b a j o y S o c i e d a d
S e c r e t a r í a d e C i e n c i a y T e c n o l o g í a d e l a N a c i ó n
Centre de Recherches et Documentation sur l'Amérique Latine du CNRS

Programa de Investigaciones Económicas
sobre Tecnología, Trabajo y Empleo

PIETTE

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

El PIETTE tiene sede en el Centro de Estudios e Investigaciones Laborales (CEIL) del CONICET y trabaja en estrecha colaboración con el Programa Nacional Prioritario de Tecnología, Trabajo y Empleo (PRONATTE) de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Nación y el Centre de Recherche et Documentation sur l'Amérique Latine (CREDAL) URA N° 111 au CNRS.

Supervisión técnica: Julio C. Neffa

Corrección: Graciela Torrecillas

Traducción, diseño y diagramación: Irene Brousse

Septiembre 1997

El Programa PIETTE, con sede en el Centro de Estudios e Investigaciones Laborales (CEIL) fue creado oficialmente el 19 de mayo de 1992, mediante Resolución del Directorio del CONICET, N° 594/92. El actual Director es el Dr. Julio César Neffa, Investigador Principal del CONICET en el CEIL y del CNRS en el CREDAL (Centre de Recherches et Documentation sur l'Amérique Latine, URA N° 111 au CNRS, Universidad de París III).

El Programa concentra su actividad en el estudio sistémico de las interrelaciones generadas entre las innovaciones tecnológicas -derivadas de la investigación científica básica y sus aplicaciones- y las innovaciones organizacionales dentro de las empresas productoras de bienes y de servicios. El objetivo es facilitar una gestión eficiente y competitiva de las unidades de producción así como condiciones adecuadas para el uso y reproducción de la fuerza de trabajo. Esta delimitación del campo temático comprende naturalmente las articulaciones entre los sistemas científico, productivo y educativo en lo que se refiere a las clasificaciones y calificaciones profesionales.

¿Máquinas autoanalizantes?*

Michel Freyssenet

CNRS-IRESO-CSU

En 1992, la licitación de los futuros ramales del subterráneo de París preveía un sistema informático embarcado que procesara en permanencia ciertos datos de funcionamiento. Este sistema debía emitir automáticamente, en caso de anomalía, un diagnóstico que indicara el módulo a cambiar para restablecer un funcionamiento normal. Este artículo expresa los principios de mantenimiento que inspiraron las elecciones técnicas realizadas. Muestra que están en contradicción con los objetivos generales de la empresa, que apuntan a desarrollar organizaciones del trabajo calificantes y competencias profesionales en los agentes. Trató de definir con los agentes y los servicios involucrados los principios técnicos y organizacionales coherentes con estos objetivos y las condiciones sociales de su aplicación.

Palabras claves:

Génesis social de las técnicas, automatización, diagnóstico, elecciones de organización del trabajo, transporte colectivo, obreros de mantenimiento

Las máquinas ya no están dotadas únicamente de un sistema automático de conducción que permita regular su funcionamiento. Cada vez más, están equipadas con dispositivos que diagnostican en tiempo real los incidentes y los desperfectos e indican las operaciones de reparación a efectuar. Se podría considerar esta evolución como el desarrollo lógico de la automatización, que después de haberse hecho cargo de la función de comando de las máquinas, comenzaría ahora a aparecer en su mantenimiento. Sin embargo, al analizarla corresponde a una filosofía del mantenimiento problemática en la medida

* "Des machines auto-analysantes?", *Techniques & Culture*, 23-24, 1994 : 235-254.

en que su implementación lleva a una mayor división de la inteligencia del trabajo, en contradicción con las orientaciones oficialmente declaradas por muchas empresas en la actualidad en cuanto a la reorganización del trabajo¹. En efecto, esta filosofía no es la única posible ni la única pertinente, bajo ciertas condiciones sociales (FREYSSENET 1992).

La investigación que está en el origen de este artículo consistió en seguir la fase de elaboración de los pliegos de licitación de los futuros ramales del subterráneo parisino. Para nosotros, se trataba de analizar los principios y presupuestos económicos y sociales de la concepción técnica de los trenes planteada en ese momento, y evaluar así la coherencia de esta concepción con el objetivo de la empresa de promover organizaciones del trabajo calificantes y desarrollar las competencias profesionales de los agentes. Frente a la constatación de divergencia que pudimos hacer, tratamos de definir, con los agentes y servicios involucrados, los principios técnicos y organizacionales que satisfarían las orientaciones oficiales y las condiciones sociales de aplicación de estos principios (CHARRON y FREYSSENET 1990). Los resultados presentados aquí corresponden entonces al estado del proyecto de los futuros ramales del subterráneo en el momento de nuestra investigación.

La evaluación de la concepción de los trenes del subterráneo parisino había afectado hasta ahora el mantenimiento sólo en su volumen y organización (CHARRON *et al.* 1989). Afecta hoy a esta actividad en lo que hasta ahora era un trabajo calificado: el diagnóstico.

La confiabilidad creciente de los materiales redujo y sigue reduciendo la cantidad de trabajo de mantenimiento necesario. La estandarización de las piezas y el intercambio estándar permitieron por otra parte la distinción entre dos tipos de mantenimiento: el mantenimiento preventivo sistemático y condicional, y el mantenimiento curativo o correctivo. El primero consiste en cambiar preventivamente piezas y órganos según una periodicidad establecida a partir del aná-

¹ Esta contradicción todavía es percibida escasamente por los directores de empresa y por los sindicatos de asalariados, y esto por dos razones. En el transcurso de los años 80 prevaleció la idea errónea según la cual la división del trabajo dependía únicamente de las decisiones sobre organización del trabajo compatibles con las técnicas productivas idénticas. La automatización de la producción generalmente se acompañó con una recomposición de las funciones productivas que se confundió con una inversión de la división de la inteligencia del trabajo por falta de análisis de la evolución del contenido real del trabajo.

lisis de las frecuencias de averías (preventivo sistemático) o de desgaste constatadas (preventivo condicional). Ejecutado a partir de listas prescriptivas de operaciones y al no exigir ajuste o adaptación a raíz de la intercambiabilidad de las piezas, el mantenimiento preventivo dio origen a una nueva figura de obrero de mantenimiento: el mecánico de mantenimiento, obrero polivalente con nociones de mecánica, de montaje y de electricidad, capaz por lo tanto de efectuar tareas predeterminadas en estos ámbitos, pero sin las competencias acumuladas de los profesionales de las tres disciplinas. El mantenimiento correctivo, en cambio, sigue requiriendo estas especialidades. Consiste en diagnosticar el origen de las fallas, a partir de los descripciones establecidas por los conductores que constataron anomalías, y remediarlas. Es este tipo de mantenimiento el que se ve afectado por las últimas evoluciones de los materiales rodantes.

Hasta ahora, supervisores-visitantes y técnicos diagnostican las anomalías y los defectos señalados. Ejercen esta actividad en un lugar llamado "puesto de visita" (*poste de visite*), situado en las terminales de las líneas de subterráneo. Si la falla constatada exige o ha provocado la inmovilización del ramal, su misión es arreglarla, en el tiempo y con los medios de que disponen. En la hipótesis contraria, se envía el tren al taller, donde un equipo especial de obreros de mantenimiento correctivo, compuesto por profesionales de mecánica y electromecánica, lo repara². Actualmente se le reprochan a este modo de mantenimiento plazos de diagnóstico demasiado variables de un equipo a otro, una mala transmisión de saberes y de saber hacer entre los agentes experimentados y los jóvenes técnicos, y finalmente, cierta dificultad para distinguir las reparaciones que deben hacerse inmediatamente y las que se pueden diferir.

Estos problemas se acentuaron con la electronización y la numerización de los trenes. La electronización modifica fuertemente la distribución del trabajo de mantenimiento entre lo preventivo y lo correctivo. En efecto, los equipamientos electrónicos, al no estar sujetos a fenómenos de desgaste, no pueden tratarse más que después de una falla. Lo correctivo se convierte así en más importante, en proporción, que lo preventivo, y exige más tiempo que este último. Las fallas elec-

² También puede tratarse de profesionales clasificados como "mecánicos de mantenimiento". La RATP (*Regie Autonome de Transports Parisiens*), preocupada por la homogeneización, polivalencia y preparación para las evoluciones futuras, impulsó a todos sus agentes de mantenimiento a convertirse en "mecánicos de mantenimiento".

trónicas tienen además una doble característica: son aleatorias y con frecuencia intermitentes, y su aparición no responde a ninguna ley conocida vinculada a parámetros precisos. En consecuencia, la carga de trabajo evoluciona en forma de sierra, planteando problemas nuevos de organización. Muchas fallas constatadas en línea (más del 50% de ellas) no se verifican en el “puesto de visita” o en el taller central de reparación de los bloques electrónicos. Su intermitencia a menudo se origina en problemas de conexión entre plaquetas (*cartes*) electrónicas, problemas más frecuentes aún con la numerización. Lo numérico, al reemplazar lo análogo, hace desaparecer además toda concordancia entre el recorte funcional y el recorte físico del material, ya sea a nivel de una plaqueta o a nivel del sistema entero. Los mismos circuitos y componentes pueden administrar varias funciones. A la inversa, una misma función puede recurrir a circuitos y componentes diferentes. Una función que ya no es asegurada en salida de un cajón (*tiroir*) electrónico ya no designa la plaqueta y componentes correspondientes a testear. Para determinar cuál de entre ellos es defectuoso, deben examinarse todos los parámetros; de esa manera se descarta una buena cantidad. Esta verificación exhaustiva se efectúa en el taller central de mantenimiento electrónico mediante testeadores, cada vez más automatizados.

Los problemas del tiempo de diagnóstico, acentuados de esta manera por la electronización y la numerización, producen una caída de la calidad del servicio y una inmovilización demasiado importante de los trenes a los ojos de la Dirección, y por lo tanto un crecimiento en el costo del parque. La primera solución explorada fue la del “sistema experto”, con la esperanza de disponer de una herramienta de capitalización y transmisión de los saber-hacer, y de esta manera, de reducción y homogeneización de los tiempos de diagnóstico. Frente a las dificultades de formalización de los procedimientos de reparación que son esencialmente heurísticos (BLANC *et al.* 1989; FREYSSINET 1989), los diseñadores de los futuros trenes subterráneos se orientaron a una solución más clásica. Se decidió equipar a los nuevos ramales con un sistema informático “embarcado” que analizara permanentemente su funcionamiento.

La licitación que estudiamos preveía que el sistema identificaría y localizaría en tiempo real los incidentes y fallas, e indicaría las operaciones de reparación a efectuar. El mantenimiento correctivo previsto para los ramales así equipados consistía en confiarlo a agentes que ya

no serían “supervisores-visitantes”, técnicos y profesionales del mantenimiento, sino “mecánicos de mantenimiento”, polivalentes en consecuencia, con supervisores. ¿Cuáles eran las justificaciones de estas decisiones técnicas y organizacionales? ¿Cuál la filosofía del mantenimiento subyacente? ¿Qué evolución de la división de la inteligencia del trabajo implicaba esta filosofía?

El argumento esencial que justificaba la concepción del sistema informático embarcado así como la organización del mantenimiento se presentaba como puramente técnico. La electronización, y más aún la numerización, impedirían encontrar rápidamente las causas de las anomalías registradas. La repetición es lo único que podría permitir descubrir las causas. El sistema informático, en cambio, permitiría designar automáticamente el módulo electrónico, el relevo (*relais*) u órgano mecánico que falla, que bastaría cambiar para poner en servicio al tren sin demora. El problema de la variabilidad del tiempo de diagnóstico y de reparación para una misma falla se resolvería. Bajo el argumento técnico se esconde de hecho una filosofía del mantenimiento.

Actualmente pueden diferenciarse dos filosofías del mantenimiento. La primera consiste en exigirle a los constructores de máquinas una confiabilidad inicial lo más elevada posible por medio de especificaciones muy estrictas, procedimientos de control y penalidades en caso de no respetarlas; luego, en organizar un mantenimiento preventivo sistemático o condicional que apunte a conservar o recontrar rápidamente el nivel de confiabilidad de origen estableciendo ciclos de cambio de las piezas desgastadas; después, en realizar arreglos rápidos por medio del intercambio estándar de los módulos con fallas y en repararlos fuera del lugar, en talleres especializados, para inmovilizar lo menos posible a las máquinas; finalmente, en proceder al análisis y procesamiento en diferido de las causas primeras de las fallas más penalizantes y más frecuentes para que ya no se reproduzcan. La segunda filosofía, en cambio, privilegia el tratamiento inmediato de las causas primeras, para evitar la repetición de los incidentes, costosa para la empresa, desmotivante para el personal, penosa para la clientela y que acelera el envejecimiento del material. Si esta filosofía produce en un primer momento inmovilizaciones más importantes del material, garantiza en cambio un aumento continuo de la confiabilidad y una reducción duradera del parque sin comprometer la calidad del servicio. Estas dos filosofías, que se pueden caracterizar como “arreglo rápido” para la primera y como “confiabilidad

sin retraso” en el caso de la segunda, llevan a elecciones muy diferentes en cuanto a la concepción de los trenes, la organización de su mantenimiento, el contenido del trabajo de los agentes de mantenimiento y al fin de cuentas, la distribución social de la inteligencia del trabajo.

Una forma social de automatización del diagnóstico de las fallas

El sistema informático “embarcado” previsto debía proporcionar cuatro tipos de informaciones.

Las “informaciones de tipo 1” deben dar el “diagnóstico final”, es decir el equipamiento (bloque electrónico, relevo eléctrico, captor, órgano, etc.) a desmontar y a cambiar (en lo que sigue este tipo de equipamiento también podrá llamarse indiferentemente elemento, módulo u órgano), para asegurar una puesta en servicio o en conformidad de los trenes lo más rápidamente posible. La licitación del sistema preveía que las “informaciones de tipo 1” debían ser capaces de nombrar el elemento desmontable en 75% de los casos como mínimo. Se toleraba que indicaran dos elementos a desmontar sin precisar cuál era el que fallaba, en 20% de los casos como máximo. Finalmente, se admitía que el sistema no pudiera identificar el elemento en 5% de los casos. Se emitía el diagnóstico en lenguaje común. Se designaba especialmente el equipamiento a cambiar. Se podía visualizar en la cabina del conductor, y se transmitía a los talleres asociados a las “informaciones de tipo 2” bajo la forma de una “descripción”, via balizas, antes de que el tren llegara a la terminal.

Combinada con la intercambiabilidad de las piezas y el intercambio estándar, esta forma de automatización del diagnóstico indica claramente la prioridad otorgada a la reparación rápida. A este nivel de intervención, en efecto, ya no hay preguntas sobre las causas de la falla. Se procede lo más rápido posible a desmontar el elemento fuera de servicio, que contiene el componente fallado que no se conoce, para reemplazarlo por un módulo idéntico que funcione. Para reparar no es necesario conocer la falla exacta. Y de hecho, el agente de mantenimiento no la conoce y no puede conocerla, debido a la numerización. Para detectarla, habría que desmontar el módulo u órgano y examinar sus componentes. El sistema no realiza por sí sólo un test interno del elemento que falla para identificar el componente, el cir-

cuito o la pieza en cuestión. El módulo que el sistema diagnostica como fallado debía enviarse a un taller central especializado en la reparación del tipo de módulo al que pertenece. La reparación de los elementos fuera de servicio se efectúa desde hace tiempo en talleres especializados. La novedad residía en que el diagnóstico del elemento fallado ya no era realizado por el agente de mantenimiento, sino por el servicio informático³.

El agente podía, en adelante, poner en marcha el tren cambiando el equipo diagnosticado como fallado por el sistema, sin tener que descubrir él mismo la causa de la falla (sin tener que conocer la falla exacta y sin tener que buscar sus causas). La simple ejecución de esta tarea de intercambio estándar no podía generar en este último una inteligencia del material, condición para un desarrollo de las competencias por la misma acción. Las “informaciones de tipo 2” que acompañan al “diagnóstico final” ¿podían sin embargo darle indicaciones sobre las causas?

Las “informaciones de tipo 2” debían ser las “informaciones alarma”, las que desencadenaban la búsqueda automática del módulo que falla, y las informaciones de “contexto”, que son los valores de ciertas magnitudes (*grandeurs*) físicas esenciales. Permitían que el sistema estableciera el “diagnóstico final”, o que el agente lo afinara cuando el sistema daba dos elementos a desmontar sin poder elegir,

³ Una ficha, o un mensaje informático, acompaña normalmente al elemento desmontado en su circuito entre el taller, el taller central especializado, el parque de recambio y el taller que los vuelve a utilizar. Ella (o él) se enriquece con las informaciones sobre las operaciones efectuadas. Pero nadie en el taller de origen puede ya establecer un vínculo entre la falla exacta, que sólo se identifica en el taller central, y las circunstancias de la avería, que no están registradas en la ficha de acompañamiento, excepto para órganos particulares. Los plazos de retorno son variables y pueden ser largos. El elemento reparado puede terminar en otro taller, de la misma línea, o de otra línea, si el material rodante en servicio es idéntico. El agente que finalmente lo reutiliza es sólo excepcionalmente aquel que lo desmontó. En cambio, todo agente que vuelve a montar un elemento puede conocer, gracias a la ficha que lo acompaña o consultando el archivo informatizado, las reparaciones que tuvo. Dos casos-tipo: o bien se trata de reparaciones diferentes, o bien algunas se repiten frecuentemente. En el primer caso, el agente no puede deducir nada; el segundo, su interés se despertará. Varias hipótesis: o bien el componente o la pieza reparada pertenece a un lote que tiene un defecto de fabricación, o bien se lo somete regularmente a obligaciones que exceden sus capacidades, o bien su falla tuvo de hecho causas diferentes (que podrían ser aleatorias), o bien todo jugó al mismo tiempo. En resumen, no hay explicación que se imponga a partir de las informaciones disponibles, y el agente no podrá deducir nada ni para su comprensión, ni para su acción.

o lo estableciera cuando fallaba. Debían expresarse en lenguaje común, por ejemplo, “falta de aceite en tal lugar”. Provenían de “informaciones de tipo 3”, procesadas según un programa de tipo “árbol de fallas” y cuyo rastro se conservaba mientras lo permitieran las capacidades de memoria de las computadoras embarcadas. Formaban, junto con el diagnóstico final, la nueva “descripción”⁴.

Las descripciones se almacenaban en una memoria, que se vaciaba cuando en la estación se pasaba delante de una baliza, que a su vez transmitía a los talleres de mantenimiento un mensaje con las descripciones registradas desde la baliza anterior. Los agentes de mantenimiento podían prepararse así para intervenir antes de que el tren en cuestión llegara al taller, si era necesario.

Las “informaciones de tipo 2” servían para identificar el equipamiento realmente fallado, en el 20% de los casos en los que el sistema no era capaz de elegir entre dos equipamientos sospechosos, y a resolver algunos casos del 5% para los que no había dado diagnóstico. A este nivel, todavía se trataba de detectar el módulo a cambiar, sin tener que preguntarse cuál era el componente realmente fuera de servicio en el módulo en cuestión, ni cuáles podían ser las causas de la falla⁵. Las “informaciones de tipo 3” ¿podían permitir remontar en la cadena de causas, aún cuando esa no fuera su función primera?

Observemos antes de abordar esta cuestión, que la automatización de la elaboración de las “descripciones” consagraba la idea de que los conductores no dan, o ya no dan, o ya no tienen la capacidad de dar “descripciones” suficientemente precisas y pertinentes. Prefigura el subterráneo sin conductor. Las descripciones automatizadas, sin em-

⁴ La descripción abarcaba un número de orden, la fecha y la hora de la “información alarma”, el número del vagón emisor, la función o funciones alteradas por el desperfecto (por ejemplo, “batería sin carga”), el diagnóstico de desmontaje, es decir el nombre y la localización de la unidad que asegura (entre otras funciones) la o las funciones alteradas y que por lo tanto hay que cambiar, y finalmente las “informaciones alarma” y las “informaciones contexto”.

⁵ Sin embargo, ciertas “informaciones de contexto” pueden designar la causa primera, por lo menos un primer eslabón en la cadena de las causas. En el primer caso, raro, el agente puede eventualmente solucionarlo por sí solo, si tiene tiempo y recursos, y si considera que es su responsabilidad. En el segundo caso, un poco más frecuente, el tratamiento de la causa inmediata, si es materialmente posible, no es necesariamente eficaz, cuando esta causa es la consecuencia mecánica y sistemática de otras causas, sobre las que la descripción no dice nada. Hay que esperar la repetición del mismo tipo de incidentes para que se emprenda una investigación más en profundidad.

bargo, no abarcaban todo el campo de las anomalías posibles y perceptibles por el conductor. No proporcionaban tampoco información sobre las circunstancias y el medio ambiente exterior al tren que podían permitir comprender el desencadenamiento de los incidentes registrados.

Las “informaciones de tipo 3” eran informaciones brutas, presentes en el calculador cuando aparecía la falla. Concernían a los parámetros definidos de manera estándar o por programación. Estaban destinadas en primer lugar a detectar el equipamiento a desmontar, cuando las “informaciones de tipo 1” y “2” no permitían hacerlo. Pero también podían servir para investigaciones más avanzadas, para detectar algunas de las causas de las fallas, y esto más aún en la medida en que habrían sido programadas. Así era posible colocar bajo vigilancia algunos parámetros⁶.

Las “informaciones de tipo 3” podían ser entonces una herramienta real de ayuda para remontar la cadena de causas, pero en límites precisos solamente. Los parámetros sospechosos deberían ser aprehendibles por el sistema, es decir concernir a una función administrada por computadora y dotada de un perturbógrafo. Las “informaciones de tipo 3” no podían indicar nada sobre los fenómenos externos al campo cubierto por el sistema y sobre los fenómenos que entraban en su campo, pero que no captaba o captaba mal. Ahora bien, la o las causas primeras de una avería rara vez son internas a una función. Un componente, una pieza ceden menos por mala fabricación que por las agresiones que sufren y que fueron ignoradas o subestimadas en la concepción. Las “informaciones de tipo 3” podían sin embargo indicar la pista para algunas de esas causas externas. Pero dejan abiertas muchas hipótesis, largas -inclusive imposibles- para testear en la práctica. Ahora bien, puede ser más económico en tiempo y medios, y más eficaz, implementar un sistema humano y material de observación permanente y de detección de las causas posibles de incidentes, es decir, un sistema que produzca información sobre las etapas más hacia adelante de la cadena de causas. Las “informaciones de tipo 4”

⁶ Las “informaciones de tipo 3” debían restituirse al estado bruto, es decir en forma de cronogramas o curvas. No podían entonces ser directamente interpretables por los “mecánicos de mantenimiento”. Tampoco se las podía salvaguardar de manera sistemática. Al estar concebidas en principio para identificar el equipamiento fuera de servicio, se las borraba en cuanto se localizaba el equipamiento en cuestión. La tabla de registro, en efecto, no podía contener más que un número limitado de registros.

¿podrían prefigurar tal sistema?

Las “informaciones de tipo 4” debían indicar las desviaciones de ciertos parámetros de funcionamiento (tensión, corriente, presión, tiempo entre dos acontecimientos, etc.) en relación con valores mínimos y máximos, en los “test de despertar” del tren o en curso de misión. Debían servir para anticipar averías eventuales y realizar un mantenimiento preventivo, ya no fundado únicamente en ciclos teóricos de duración de vida más o menos adaptados a condiciones particulares de uso, sino en indicadores de evolución reales. Sin embargo, sólo se habrían referido a algunas funciones: la producción, la circulación y el consumo de aire, el movimiento de las puertas y la carga de baterías. Por el momento, en efecto, son las únicas funciones para las que se dispone de indicadores pertinentes y captables de manera relativamente simple y confiable. Las desviaciones se podían detectar por comparación de los extractos diarios⁷.

Los indicadores elegidos eran indicadores de averías por venir. Se seguía entonces en la lógica del desperfecto. Todavía no se estaba en la óptica de la eliminación de las causas de los desperfectos. El registro del tiempo de apertura o de cierre de las puertas, por ejemplo, podría prevenir un incidente “puerta”, grave ya que produce una inmovilización del tren, pero no diría nada por sí mismo sobre las causas primeras del funcionamiento anormal de la puerta o de las puertas involucradas. La reparación no exige necesariamente buscarlas, si el cambio de una pieza, un órgano, o una plaqueta electrónica, basta para restituir el tiempo normal de apertura o de cierre. Al no haber buscado las causas primeras, las desviaciones se reproducirían y desencadenarían el mismo tipo de acción preventiva, hasta que el sobreconsumo del mismo tipo de piezas alertara a los responsables y los convenciera de la necesidad de emprender un tratamiento en profundidad.

El sistema de diagnóstico automático imaginado para los nuevos ramales del subterráneo dejaba, en suma, pocas posibilidades para una búsqueda sin demora, y caso por caso, de las causas de las fallas por parte de los agentes de mantenimiento. Estaba claramente concebido para identificar y cambiar rápidamente el equipamiento fallado

y, en menor medida, para que el mantenimiento preventivo sistemático estuviera más adaptado a las especificidades del uso. Con la estandarización de las piezas y la creciente electronización de las funciones, se hacía posible una nueva organización del trabajo de mantenimiento, que, a los ojos de los diseñadores, tenía la ventaja de reducir inmediatamente los costos de mano de obra y justificar así las inversiones propuestas.

En efecto, el tiempo necesario para ejecutar muchas de las tareas era reducido. Las operaciones preventivas ya no exigían, en su mayoría, una jornada entera. Podían realizarse por secuencia de dos a tres horas. Los tiempos de intervención en el puesto de visita también se acortaban, y tenían una duración más regular, debido a la automatización del diagnóstico. Una mayor parte del mantenimiento correctivo podía realizarse entonces, ya que se integraba más fácilmente en el tiempo admitido de inmovilización de los trenes en la estación terminal en las horas de menor demanda. También se volvía posible pensar en realizar progresivamente las reparaciones de piezas y órganos -en los momentos de menor actividad en el puesto de visita o en el taller de mantenimiento- que no exigieran (o ya no) herramientas costosas y competencias especializadas, y que hoy en día se hacen en el taller para revisión general y en los talleres centrales especializados en un tipo de órgano. El mantenimiento correctivo estaba cerca de la actividad preventiva en que ya no exigía, en muchos casos (75% de las descripciones emitidas por el sistema, como mínimo), competencia en diagnóstico, y por lo tanto podía ser ejecutado por “mecánicos de mantenimiento” polivalentes. La necesidad de técnicos y de “supervisores-visitadores” para la reparación se hacía sentir menos cuantitativamente. De esto se desprendía que ya no se imponía la especialización de los lugares y de las personas entre el mantenimiento correctivo y el preventivo, inclusive entre esas actividades y las reparaciones, la revisión y las modificaciones. La reducción y la homogeneización de los tiempos de intervención, preventivas y correctivas, permitían pensar en aprovechar los períodos de inmovilización de los trenes en servicio, en las horas de menor demanda de la jornada. De ahí una nueva organización del mantenimiento, lógicamente coherente con las posibilidades ofrecidas.

⁷ Estos extractos debían ser memorizados por las dos computadoras centrales de los trenes, hasta un número n correspondiente a la capacidad disponible de memoria. También podían imprimirse.

Una organización del mantenimiento coherente con las opciones técnicas

La distinción propuesta para los lugares de mantenimiento ya no estaba basada en el tipo de actividad de mantenimiento (preventivo, correctivo, reparación, revisión) sino sobre el tiempo y los medios necesarios para la ejecución de las diferentes tareas, cualquiera fuera el tipo de mantenimiento con el que tuvieran que ver. Se tenían entonces, por un lado, las tareas realizables en poco tiempo con pocos recursos, es decir, el mantenimiento preventivo de ciclo corto, el correctivo inmediato y el correctivo simple diferible, y por otra, las tareas generalmente complejas, que requieren tiempo y equipos importantes y fijos, es decir el preventivo de ciclo largo, el correctivo “pesado” y el correctivo complejo. De ahí dos nuevas nociones: el “taller cercano” y el “taller lejano”. El primero tenía como misión garantizar la disponibilidad y la calidad de los trenes cotidianamente, es decir, ofrecer el transporte más correcto posible. La misión del segundo era garantizar la perennidad de los materiales y de los equipos.

El “taller cercano” estaba instalado en la terminal de línea, en el lugar del “puesto de visita”. El principio era el de efectuar el máximo de operaciones, cualquiera fuera su naturaleza, realizables en menos de tres horas con medios de trabajo “simples”. El personal asignado debía estar compuesto por un supervisor (o varios según la importancia de la línea) y “mecánicos de mantenimiento”. Reemplazaban así a agentes más calificados: “supervisor-visitador” y técnicos.

Los “mecánicos de mantenimiento” garantizaban el mantenimiento preventivo de los trenes inmovilizados en las horas menos cargadas de la mañana. En ese lapso de tiempo, se realizaba la mitad de las operaciones necesarias. Los trenes podían pasar por el mantenimiento preventivo cada dos semanas, en lugar de pasar una semana entera cada mes como sucede actualmente. Esta periodicidad más corta permitía realizar, al mismo tiempo, las operaciones correctivas que podrían haberse diferido porque correspondían a incidentes que no impiden el funcionamiento seguro de los trenes, y pueden ser ejecutadas por “mecánicos de mantenimiento”. Por la tarde, estos últimos habrían ayudado a su supervisor en las tareas correctivas que le incumbían, o inclusive, a pedido suyo, realizar las reparaciones de piezas o de órganos desmontados que no requirieran herramientas importantes y que fueran capaces de hacer.

El supervisor hubiera tenido entonces directamente a su cargo el mantenimiento correctivo y la organización del trabajo de los “mecánicos de mantenimiento”. Habría decidido las operaciones correctivas cortas no diferibles que tendría que haber ejecutado él por la mañana, y con la ayuda de los “mecánicos de mantenimiento” por la tarde, las operaciones cortas diferibles y realizables por los “mecánicos de mantenimiento” solos, al mismo tiempo que el mantenimiento preventivo cíclico de los trenes, y las operaciones correctivas largas, que exigen enviar el tren al “taller lejano”. Habría agregado en caso de necesidad a la lista de operaciones preventivas cíclicas, operaciones suplementarias hechas necesarias por desviaciones anormales reveladas gracias a las “informaciones de tipo 4”. Habría emitido eventualmente demandas de análisis al servicio de Estudios cuando apareciera una frecuencia demasiado elevada de desmontaje para tal o cual órgano. Finalmente, según la carga del taller, podría haber encargado la reparación o la regeneración de pequeños órganos, y hasta modificaciones simples decididas por los servicios habilitados.

¿Qué hubiera sucedido con el contenido del trabajo, tanto de los “mecánicos de mantenimiento” como del supervisor? Un trabajo calificado y calificante de mantenimiento es un trabajo que permite adquirir, al efectuarlo, la inteligencia del material en su estado de funcionamiento, es decir, conocer la naturaleza exacta de sus debilidades y después reconstituir sus causas primeras, limitar sus efectos o eliminarlos, y tomar la responsabilidad del diagnóstico así como de las soluciones encontradas.

El trabajo de los “mecánicos de mantenimiento” no habría cumplido estas condiciones. Los mantenimientos preventivo y correctivo que debían efectuar consistían esencialmente, como vimos, en el intercambio estándar indicado, ya fuera por medio de fichas clásicas de mantenimiento preventivo sistemáticos o condicional, por la “descripción” automática, o bien por el supervisor cuando el sistema de detección automática no proporcionaba una respuesta única; estos dos tipos de trabajo no habrían implicado el previo conocimiento exacto de la falla y sus causas.

Aunque su conocimiento no hubiera sido necesario para efectuar dicho trabajo, los “mecánicos de mantenimiento” ¿podían establecer sin embargo la naturaleza y causas de las fallas y adquirir así una cierta comprensión del material? Esta comprensión, aún cuando fue-

ra posible, no hubiera tenido para ellos utilidad práctica inmediata en el cumplimiento de su función. Es sólo de manera voluntaria, por curiosidad o en la perspectiva de una promoción eventual, que ellos se hubieran visto llevados a interrogarse acerca de la naturaleza y causas de las fallas observadas en los módulos confiados a sus cuidados.

Pero en la práctica, ¿hubieran podido interrogarse? La única manera para ellos de conocer la naturaleza de las fallas habría sido reparar las unidades desmontadas. Esta posibilidad existía para los pequeños órganos, que no requerían ni herramientas especiales ni un stock de piezas tan costoso como voluminoso, cuando el supervisor juzgaba que los mecánicos de mantenimiento tenían el tiempo para hacerlo. Pero esta actividad de reparación estaba pensada para ocupar las franjas de inacción de los agentes y no como una operación fundamental para la buena inteligencia de los materiales. Además, los agentes hubieran podido vincular tal reparación y tales circunstancias de utilización sólo si hubieran tenido que conocer estos contextos de empleo y conservarlos en memoria.

En cuanto a las causas de las fallas, sólo podían notar aquellas detectables por el sistema informático de registro de los parámetros de funcionamiento del tren. Las “informaciones de tipo 2” anunciaban la función no asegurada. Pero eso no les hubiera dicho nada acerca de la causa inmediata ni de las causas primeras, o inclusive de las orientaciones para la búsqueda. Las “informaciones de tipo 3”, que podían proporcionar más indicaciones a este respecto, sea en estándar sea por programación, no hubieran sido comprensibles en la forma en que debían presentarse. Sólo las “informaciones de tipo 4”, que proporcionaban los valores de parámetros desviados, eran susceptibles de desarrollar en ellos una comprensión del material en funcionamiento en las condiciones de la línea en cuestión. Pero estas informaciones no hablaban más que de algunos parámetros y corrían el riesgo de ser utilizadas exclusivamente por los supervisores para adaptar el mantenimiento preventivo. En efecto, este personal hubiera tenido pocas ocasiones de tomar iniciativas y aplicar competencias profesionales en el marco de un mantenimiento cuyo contenido estaba fuertemente predeterminado, en el “taller cercano”. Sólo hubiera realizado una identificación del elemento a desmontar en el 25% de los casos en los que el sistema no hubiera dado una respuesta única, y sólo si consideraba que tenía tiempo para hacerlo. Si no, hubiera enviado el tren al “taller lejano”. Además, esta identificación no imponía

un razonamiento sobre las causas, sino sobre las razones por las que el sistema no hubiera sabido elegir entre varias unidades.

En el proyecto, el “taller lejano” tenía a su cargo toda operación, cualquiera fuera su naturaleza y complejidad, que requiriera mucho tiempo o medios especiales. Se trataba entonces tanto del mantenimiento preventivo que exigía una jornada o más, como de la reparación larga. El mantenimiento preventivo consistía, en lo esencial, en operaciones técnicas de periodicidad anual, como el intercambio y la recarga de baterías, los controles de estados particulares, la limpieza de los cofres y de los motores o los cambios de banquetas. El mantenimiento correctivo se refería prioritariamente a las averías para las que el sistema de detección automática del equipamiento fallado no habría dado ninguna respuesta. También se trataban las averías perfectamente diagnosticadas por el sistema, pero cuyo tratamiento demandaba tiempo. El “taller lejano” se dedicaba, si había tiempo y medios, a reparaciones y revisiones de ciertos órganos, y a modificaciones que habitualmente se realizan en el taller de grandes revisiones.

El personal estaba compuesto por “mecánicos de mantenimiento”, supervisores y un coordinador técnico. La tarea prioritaria de los “mecánicos de mantenimiento” era, además del mantenimiento preventivo de ciclo largo, efectuar el intercambio estándar de unidades falladas que el sistema no hubiera podido -o que el supervisor del “taller cercano” no hubiera tenido tiempo de- determinar, y que en cambio su homólogo del “taller cercano” hubiera debido identificar. Este último ¿las habría asociado a tal identificación? En todo caso, esta identificación no habría exigido una búsqueda de causas, la única capaz de movilizar y desarrollar las competencias de los agentes. Los “mecánicos de mantenimiento” sólo hubieran tenido eventualmente la ocasión de participar en esta búsqueda si el supervisor y el coordinador técnico hubieran tenido el tiempo de iniciarla para un órgano “reincidente” y hubieran decidido asociarlos.

Por otra parte, los “mecánicos de mantenimiento” debían efectuar reparaciones y revisiones más numerosas y más complejas que las que debían hacer eventualmente los “mecánicos de mantenimiento” del “taller cercano”. Pero de la misma manera que para estos últimos, las operaciones sólo habrían sido beneficiosas profesionalmente para los primeros si hubieran podido ponerlas en relación con las circunstancias de las averías y las condiciones de empleo de los equipamien-

tos incriminados. Lo que no hubiera sucedido, ya que las reparaciones y revisiones sólo se pensaban como actividades complementarias en los períodos de subcarga. Sucedió lo mismo para la realización de ciertas modificaciones.

El supervisor hubiera tenido entonces como función prioritaria identificar los equipamientos fallados no diagnosticados en el “taller cercano”. Lo habría hecho a partir de las “informaciones de tipo 3”, tests que podía dirigir y observaciones que hubiera podido realizar. Además, habría organizado el trabajo de los “mecánicos de mantenimiento”, asignándolos a las diferentes operaciones preventivas, correctivas, reparadoras, inclusive modificadoras, y finalmente habría ayudado al coordinador técnico.

Este debía tener a cargo el análisis estadístico de los desperfectos, el establecimiento de los ciclos de mantenimiento preventivo, la detección de los equipamientos “reincidentes” y la emisión de las “órdenes de trabajo”. Podía consultar y poner al día (bajo reserva de las autorizaciones necesarias) la documentación técnica y hubiera debido intervenir, en caso de desperfectos particularmente delicados. Pero el análisis de las causas y los estudios de confiabilidad seguían siendo privativos del servicio de Estudios.

Los resultados esperados e inesperados de la reparación rápida y de la confiabilización diferida

La concepción técnica de los trenes y la organización de su mantenimiento tenían en su principio, como se ve, la idea clara de un mantenimiento basado en la reparación rápida y la confiabilización diferida. Este modo de mantenimiento parece racional para disminuir los tiempos de inmovilización de los trenes y parece inscribirse en una larga historia técnica. Sin embargo, las contra-performances relativas a las que dio origen en otras ramas industriales (FREYSSENET y THÉNARD 1988; FREYSSENET y SUATTON 1991), el enfoque diferente de la escuela japonesa de dirección de las empresas en este ámbito (ver OHNO 1989), y sobre todo el análisis del trabajo real de mantenimiento (CHARRON *et al.* 1989) nos permitieron indicar los problemas económicos y sociales que podíamos esperar.

En primer lugar, el sistema de detección de los elementos que fallan tenía límites. No cubría todas las anomalías posibles y todos los

órganos del tren. Se le escapaban, por una parte, las vibraciones, los choques, los ruidos anormales..., y por otra, las rupturas de piezas mecánicas, el desgaste brutal o la fractura de los rulemanes, las ruedas desinfladas, las averías de los circuitos de seguridad (para los que se seguirán utilizando relevos y cables clásicos)... Estas fallas podían también dar origen a anomalías y perturbaciones de las funciones controladas por el sistema, sin que este último permitiera inferir las primeras de las segundas. La eficacia del sistema de diagnóstico dependía finalmente de la pertinencia de los parámetros captados y del programa de procesamiento. Ahora bien, el proveedor del sistema define los parámetros a controlar, y construye el programa de supervisión y de análisis a partir del funcionamiento teórico del tren, pero no a partir de las situaciones concretas de explotación. El capataz del puesto de visita, en consecuencia, debería haber efectuado los diagnósticos solo, y con mayor frecuencia de lo previsto.

La sistematización de la reparación rápida debía sin duda aumentar la disponibilidad de los trenes. La desespecialización de los lugares y de las personas habría permitido una mejor productividad y a la vez, una mayor diversificación del trabajo, tanto de los supervisores como de los “mecánicos de mantenimiento”. Pero si bien la disponibilidad del material iba a mejorarse con una mayor atención a la confiabilidad inicial y la reparación rápida, se ha podido observar ahí donde se implementaron sistemas similares, que esta disponibilidad llega a un techo después de un cierto tiempo, luego disminuye, y después aumentan nuevamente los costos de mantenimiento.

En efecto, sólo se emprenden acciones de confiabilización después de constatar la repetición de un mismo incidente y evaluar su carácter penalizante. El servicio especializado lanza entonces una búsqueda de causas y soluciones. Como a menudo está alejado del terreno, este servicio no está en la mejor posición para reconstituir los contextos de las averías y para encontrar los medios más rápidos y simples de detectar y eliminar las causas primeras de esos desperfectos. Finalmente se elige una solución, después de calcular su costo; más adelante se efectuará el arbitraje presupuestario, en relación con otras acciones de confiabilización y se establecerá un orden de prioridades. Finalmente, debe liberarse personal de otras tareas para realizar las modificaciones necesarias. Este modo de confiabilización resulta no sólo largo, sino también costoso. La búsqueda de las causas supone reconstituir las circunstancias de las averías. Requiere personal y

tiempo. Además, el material no se ha pensado de entrada para modificarse y las modificaciones resultan a menudo demasiado costosas.

Durante este tiempo, la explotación y mantenimiento deben coexistir, a veces duraderamente, con los mismos problemas. En estas condiciones, el material generalmente envejece mal y rápido. Este es el origen de tasas de indisponibilidad que parecen incomprensibles y las razones del aumento continuo del parque de piezas de repuesto. Los costos de mantenimiento, lejos de disminuir, crecen, debido a los intercambios estándar más frecuentes de lo previsto, de las “inflaciones” del stock de depósito, de las rotaciones de piezas más numerosas entre talleres, de operaciones de reparación más importantes, o bien de desmontaje-remontaje y de tests infructuosos porque los elementos desmontados no presentan ninguna anomalía fuera del contexto de “descripción”.

En cuanto a los agentes, si bien no rechazan la promoción de su clasificación y las posibilidades de carrera que generalmente acompañan su aceptación de una actividad polivalente (CHARRON *et al.* 1990), no por eso se sienten implicados, y no se movilizan para tareas parciales, que no pueden procurarles conocimiento y dominio reales del material que deben mantener. Lo están aún menos en la medida en que constatan que los problemas no se tratan, o que se los trata tarde, y esto suscita en ellos una sensación de incoherencia y contrasentido económico. Finalmente, se puede notar una disminución de la capacidad de pericia de los mejores profesionales y técnicos, porque como ya no tienen que resolver cotidianamente casos, aún simples, sus conocimientos prácticos se reactualizan y adaptan de peor manera.

La confiabilización continua por parte de los equipos de mantenimiento, inicio de otro proceso y de una forma social de automatización bajo ciertas condiciones sociales

La filosofía que, a la inversa de la que inspiraba el proyecto analizado, privilegia la confiabilización sin retraso por parte de los equipos de mantenimiento, se apoya en una doble constatación: no todo puede pensarse por adelantado y no todo es previsible durante la duración de vida de un material cuando se lo diseña; los agentes de ex-

plotación y de mantenimiento son los que están en mejor posición para detectar y analizar los desvíos y fallas de los materiales en las circunstancias en que se producen. En efecto, parece cada vez más ilusorio definir normas a priori, y hacer como si fuera posible y suficiente conservarlas o volverlas a poner en práctica para alcanzar y garantizar duraderamente los desempeños esperados. La disponibilidad máxima de un material parece hoy alcanzarse sólo trabajando sistemática y permanentemente en la detección y eliminación de las causas primeras de las fallas constatadas para que no se reproduzcan.

Pero para confiabilizarse continuamente, los materiales deben presentar dos características esenciales. Es necesario que su concepción integre la posibilidad de modificarlos sin sobrecostos disuasivos. Deben también poder analizarse en funcionamiento y en permanencia por parte de los agentes de terreno, que en definitiva son los que están en mejor posición para hacerlo, si se les dan los medios, la competencia y la autoridad. Es por eso que los trenes y su construcción deben responder a los principios de legibilidad e inteligibilidad, de analizabilidad y de testeabilidad, de adaptabilidad y transformabilidad por parte de los agentes de mantenimiento (FREYSSENET 1992). En esta perspectiva, los dispositivos informáticos de asistencia no pueden, por definición, ser puramente prescriptivos, en la medida en que el objeto del trabajo es encontrar causas desconocidas hasta entonces -ya sea conocido, raro o nuevo el desperfecto.

Los equipos de mantenimiento, cuya misión consiste en adelante en intervenir, analizar y confiabilizar, deben entonces disponer de la competencia, de los medios técnicos y financieros así como de la autoridad para decidir, luego de la opinión del servicio técnico competente, las modificaciones a realizar. Deben poder hacer evolucionar el sistema informatizado para que llegue a cargar los datos que se revelan en la experiencia como más pertinentes para la búsqueda de las causas. Con este fin, deben poder desplazarse en la línea y en los diferentes talleres, y remontar así la cadena de las causas sucesivas.

El rendimiento económico no resulta de la reducción máxima inmediata de mano de obra en este escenario. En primer lugar, es fruto de la capacidad de los agentes, aunque sean más haciendo eso, para confiabilizar el material, con el objeto de obtener una disponibilidad duradera y creciente de los trenes y reducir así el parque necesario. De esta forma se rentabilizan más agentes suplementarios con rela-

ción a los ocupados aparentemente suficientes, pero que por su trabajo de confiabilización permiten aumentar solamente en algunos puntos la disponibilidad de las máquinas (FREYSSENET, SUATTON 1991). La reducción del tiempo de trabajo necesario para el mantenimiento puede hacerse por grados, en un segundo momento, sin riesgos para la calidad del mantenimiento, con menor costo económico y sin ruptura social, a medida que progresa la eliminación de las causas primeras de los desperfectos. Con materiales costosos y automatizados, la reducción de los ocupados ya no es la variable prioritaria y decisiva para elevar la productividad y mejorar los rendimientos finales. La primera decisión, aparentemente paradójica, para elevar la disponibilidad de los trenes y reducir los costos de mantenimiento es entonces agregar agentes competentes, con la condición de que se los utilice para la eliminación de las causas primeras de los desperfectos.

Los agentes, implicados en la búsqueda y tratamiento de las causas primeras, tienen entonces una actividad que por naturaleza es autoformante y autocalificante, y que hace de ellos los interlocutores reales, creíbles e indispensables, de los servicios técnicos. La distinción que opone, por una parte, los incidentes banales automáticamente diagnosticables y, por otra, los desperfectos raros y complejos que implican una apreciación humana, -en el origen de la división del trabajo entre obreros de mantenimiento polivalentes y técnicos- y los dispositivos técnicos analizados anteriormente, ya no tiene sentido, en la medida en que, cualquiera sea su naturaleza, ante toda falla se debe realizar una búsqueda de causas primeras, y exige para eso un personal muy competente y dispositivos técnicos no prescriptivos capaces de ayudarlos en esta búsqueda.

Pero al convertirse en los actores esenciales de la confiabilización, los agentes trabajan en la reducción del tiempo necesario para el mantenimiento y, tendencialmente, en la disminución de número de puestos de trabajo en este ámbito. Su compromiso en esta vía sólo es posible, obviamente, si se les garantiza el empleo, y si las competencias desarrolladas pueden reemplazarse. La RATP* cumple la primera condición e imperfectamente, la segunda. En efecto, no se trata solamente de asegurarle al agente un desarrollo normal de carrera y el mantenimiento de las ventajas adquiridas, cualquiera sea el puesto de trabajo ofrecido. El personal sólo puede ser parte participante en

* Régie Autonome des Transports de Paris (Dirección Autónoma de Transportes de París), empresa pública de transportes de la región parisina.

este escenario si las competencias, o cuando menos algunas de ellas, constituidas en la actividad de confiabilización pueden reemplazarse y desarrollarse en los puestos de trabajo propuestos. Habría que concebir entonces la gestión previsional de los empleos en función no sólo de las misiones de la RATP sino también de una evolución de las capacidades de su personal que pueden llevar a una ampliación de las actividades de la Dirección de Transportes.

Este escenario técnico-organizacional implica, como vemos, ni más ni menos que nuevas relaciones sociales en la empresa. Al invertir realmente el proceso de división de la inteligencia del trabajo, le vuelve a dar a los "agentes de ejecución" una capacidad de intervención sobre la evolución técnica y sobre la de la organización de las tareas. Hoy en día concebible y localmente realizable, este escenario ¿es generalizable?

P.S. En definitiva, es el sistema de diagnóstico automático y la organización del trabajo previstos los que se adoptaron esencialmente. En la puesta en servicio de los ramales, el sistema informático no cumplió su función, obligando a los agentes del "taller cercano" a realizar por su cuenta el diagnóstico, durante varios meses, y a participar en la confiabilización del sistema. Una investigación posterior describirá y analizará las condiciones de mantenimiento de estos nuevos ramales, y la evolución de los sistemas de diagnóstico.

Referencias bibliográficas

- Blanc M., Charron E, Freyssenet M. [1989], "Le développement des systèmes experts en entreprise", *Cahiers de recherche du GIP Mutations Industrielles* 35.
- Charron E., Freyssenet M. [1990], "Les outils-tests et la conception des nouveaux matériels roulants au réseau ferré de la RATP", París, Informe del GIP Mutations Industrielles.
- Charron E., Freyssenet M., Imbert F. [1989], "Conception des équipements et travail de maintenance", *Cahiers de recherche du GIP Mutations Industrielles* 30.
- Charron E., Freyssenet M., Imbert F. [1990], "L'évolution des systèmes de classification des emplois d'exécution de l'entretien dans les ateliers de la

- RATP", Paris, Informe del Centre de Sociologie Urbaine.
- Freyssenet M. [1984], "La 'requalification' des opérateurs et la forme sociale actuelle d'automatisation", *Sociologie du Travail* 4: 422-433.
- Freyssenet M. [1992], "Processus et formes sociales d'automatisation. Le paradigme sociologique", *Sociologie du Travail* 4: 469-496.
- Freyssenet M. [1992], "Conception des trains et organisation de la maintenance", Paris, Informe del Centre de Sociologie Urbaine.
- Freyssenet M. [1992], "Systèmes experts et division du travail", pp. 105-118, in *Technologie, Idéologie, Pratiques*, Aix-en-Provence, Volumen X, nro. 2-4.
- Freyssenet M., Suatton P.H. [1991], "Le contenu organisationnel et social des choix techniques: le cas de la conception de lignes automatisées chez BSN", pp. 85-96 in *Entreprises et chercheurs: à la recherche d'un partenariat*, Paris, L'Harmattan.
- Freyssenet M., Thenard J.C. [1988], "Choix d'automatisation, efficacité productive et contenu du travail", *Cahiers de recherche du GIP Mutations Industrielles* 22.
- Taiichi Ohno [1989], *L'esprit Toyota*, Paris, Masson.